

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-025751

(43)Date of publication of application : 25.01.2002

(51)Int.Cl.

H05B 3/14
C04B 35/626
H01L 21/60
H05B 3/10
H05B 3/12
H05B 3/20

(21)Application number : 2000-202560

(71)Applicant : SUMITOMO OSAKA CEMENT CO
LTD

(22)Date of filing : 04.07.2000

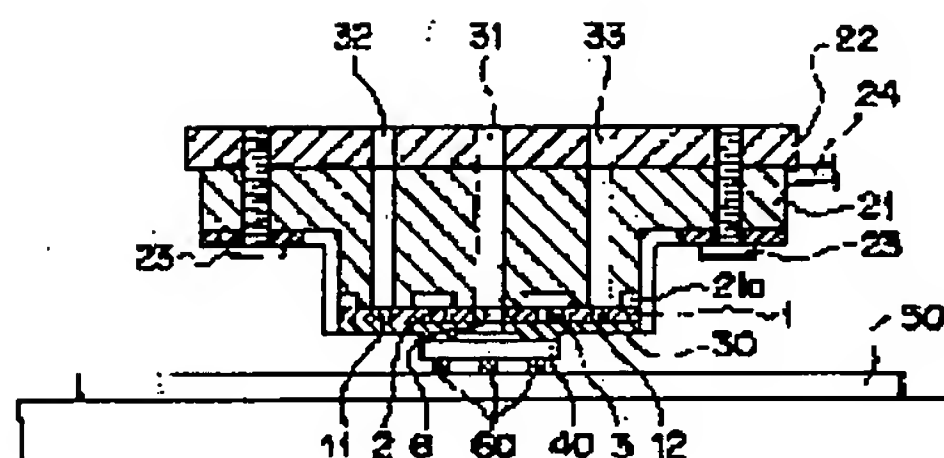
(72)Inventor : MURAKAMI YOSHIHIKO
IKUHARA YUKIO
NAGATSUMA YOSHIE

(54) SiC HEATER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an SiC heater, capable of quick rise and fall of the temperature as required, being joined in a precise position, having no risk of severance of the heater wire, having sufficient surface accuracy, free of poor connecting workmanship in the bonding part, and superior in the cost performance.

SOLUTION: The SiC heater is equipped with a heating element, electrodes for feeding the current to the heating element for raising its temperature, cooling hole for lowering the temperature, and a heater base for shutting off the heat from the heating element, where the heating element is made of silicon carbide and has a slit which penetrates from the front surface to the rear, extending inwardly from the outer edge.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3710690

[Date of registration] 19.08.2005

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発熱体と、該発熱体に通電して発熱体を昇温させるための電極と、発熱体を降温させるための冷却孔と、発熱体からの熱を断熱するためのヒータベースとを備え、前記発熱体が炭化珪素から構成されておりかつ前記発熱体はその外縁部から内部に向かって伸びた表裏に貫通したスリットを有することを特徴とする SiC ヒータ。

【請求項 2】 前記発熱体が、略正方形または略長方形の炭化珪素焼結体の互いに対向する 2 辺からそれぞれ反対側の辺に向けて切り込んだ 2 つのスリットにより略 S 字状に形成され、この略 S 字状の両端部に電極を取り付けたことを特徴とする請求項 1 記載の SiC ヒータ。

【請求項 3】 前記ヒータベースに冷却気体を通る貫通孔を設け、断熱が必要な部分以外は前記発熱体と接触しないようにザグりをいれて隙間を確保するとともに前記貫通孔を前記発熱体に設けた前記スリットと連通したことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の SiC ヒータ。

【請求項 4】 前記炭化珪素焼結体が、焼結体密度が 2.5 g/cm^3 以上で室温での電気比抵抗が $0.1 \sim 100 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の SiC ヒータ。

【請求項 5】 前記炭化珪素焼結体が、平均粒径 $0.1 \sim 10 \text{ } \mu\text{m}$ の第 1 の炭化珪素粉末と $0.1 \text{ } \mu\text{m}$ 以下の第 2 の炭化珪素粉末とを混合し、これを焼結して得られたことを特徴とする請求項 4 記載の SiC ヒータ。

【請求項 6】 前記炭化珪素焼結体の少なくとも片面に、常温での電気比抵抗が $10^9 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上で熱膨張率が $2 \sim 6 \times 10^{-6} / \text{K}$ の硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの少なくとも 1 つにより絶縁被膜が構成されることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の SiC ヒータ。

【請求項 7】 前記絶縁被膜が、 SiO_2 をマトリックスとし、 B_2O_3 、 Al_2O_3 のうち少なくとも 1 種類を $1 \sim 30$ 重量% 含み、さらに BaO を 35 重量% 以下含んだ硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの少なくとも 1 つであることを特徴とする請求項 6 記載の SiC ヒータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、急速な昇温と降温が可能な SiC ヒータに関するものであり、特に半導体の組立工程において使用される半導体チップボンディング用ヒータとして好適に使用される。

【0002】

【従来の技術】 現在、パソコンや携帯電話が急速に普及し、小型化、薄型化、軽量化、高性能化への要求が高まり続けている中、半導体の組立工程において、半導体チップ実装ボードを製造するために種々のヒータが用いられている。特に、IC チップ内の配線部と基板との間に

ハンダバンプや金バンプ等の導電性ボンディング材を置き、この導電性ボンディング材をヒータにより加熱溶解して IC チップと基板とを接合するフリップチップボンディング法においては、バンプが存在するボンディング部分全体を加熱することにより、例えば常温（ 25°C ）から 450°C まで 2 秒間で昇温する等のように、急速に昇温して導電性ボンディング材を熱溶解させ、そして直ちに、ボンディング部分を冷却することにより、例えば 450°C から 100°C まで 10 秒で降温する等のように、急速に降温して導電性ボンディング材を固化させることが可能となるヒータを必要としている。この要求に答えるため、従来よりモリブデンやチタン、ニッケルクロム合金、窒化アルミニウムに白金パラジウム膜を焼き付けたもの等の金属製のヒータまたは炭化珪素を用いたヒータが用いられてきた。

【0003】 【問題点】 しかしながら、モリブデンやチタンを発熱体として用いたヒータにあっては、電気比抵抗が非常に低いために急速昇温時に大電流を必要とし、そのために誘導磁場が発生し、正確な位置合わせを必要とするヒータの位置を狂わせてしまう虞があった。また、ヒータ部分は約 450°C まで加熱されるために酸化されやすく、耐久性がなく、更に金属製であるため高温での塑性変形が大きく、数 μm 程度の表面精度を確保できない。

【0004】 また、ニッケルクロム合金を用いたヒータにあっては、モリブデンやチタンを用いたヒータと比較すると、耐酸化性は若干良くなるものの、熱伝導率が低いために均熱性が非常に悪く、ボンディングの接続不良が起りやすく、製品としての歩留まりが上がらない。更に、熱伝導率が低いために、急速昇温時に必要な最大投入電力が大きく、また降温に要する時間がかかり、1 回のボンディング処理に多くの時間を要し、コストパフォーマンスが低下する他、金属製であるため高温での塑性変形が大きく、数 μm 程度の表面精度を確保できない。

【0005】 また、窒化アルミニウムに白金パラジウム膜を焼き付けてなるヒータにあっては、白金パラジウム薄膜の電気抵抗を大きくするために膜厚を薄くしてあり、そのために昇温時に断線が起りやすく、均熱性も非常に悪くボンディング部分に接続不良が起りやすく、製品としての歩留まりが上がらないうえ、断線がいつ発生するか予測できず、製造工程中で使用されるヒータとしての信頼性がきわめて低い。

【0006】 また、炭化珪素よりなる発熱体を使用したヒータでは、耐酸化性、消費電力の低下、急速昇温・降温といった要求特性をある程度満たしているが、近年、更に急速な昇温・降温（例えば 450°C から 100°C まで 5 秒以内で降温）が要求されており、従来のヒータでは、これに対応することができなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、従来の技術

における前記問題点に鑑みて成されたものであり、その解決のため具体的に設定した課題は、要求される急速な昇降温が可能であり、正確な位置で接合でき、ヒータ断線の虞がなく、十分な表面精度を有し、ボンディング部分の接続不良がなく、コストパフォーマンスにも優れた SiC ヒータを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を効果的に解決できるよう具体的に構成された手段としての、本発明における請求項 1 に係る SiC ヒータは、発熱体と、該発熱体に通電して発熱体を昇温させるための電極と、発熱体を降温させるための冷却孔と、発熱体からの熱を断熱するためのヒータベースとを備え、前記発熱体が炭化珪素から構成されておりかつ前記発熱体はその外縁部から内部に向かって伸びた表裏に貫通したスリットを有することを特徴とするものである。また、請求項 2 に係る SiC ヒータは、前記発熱体が、略正方形または略長方形の炭化珪素焼結体の互いに対向する 2 辺からそれぞれ反対側の辺に向けて切り込んだ 2 つのスリットにより略 S 字状に形成され、この略 S 字状の両端部に電極を取り付けたことを特徴とする。また、請求項 3 に係る SiC ヒータは、前記ヒータベースに冷却気体を通る貫通孔を設け、断熱が必要な部分以外は前記発熱体と接触しないようにザグりをいれて隙間を確保するとともに前記貫通孔を前記発熱体に設けた前記スリットと連通したことを特徴とする。

【0009】また、請求項 4 に係る SiC ヒータは、前記炭化珪素焼結体が、焼結体密度が 2.5 g/cm^3 以上で室温での電気比抵抗が $0.1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ であることを特徴とする。また、請求項 5 に係る SiC ヒータは、前記炭化珪素焼結体が、平均粒径 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の第 1 の炭化珪素粉末と $0.1 \mu\text{m}$ 以下の第 2 の炭化珪素粉末とを混合し、これを焼結して得られたことを特徴とする。また、請求項 6 に係る SiC ヒータは、前記炭化珪素焼結体の少なくとも片面に、常温での電気比抵抗が $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上で熱膨張率が $2 \sim 6 \times 10^{-6} / \text{K}$ の珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの少なくとも 1 つにより絶縁被膜が構成されることを特徴とする。また、請求項 7 に係る SiC ヒータは、前記絶縁被膜が、 SiO_2 をマトリックスとし、 B_2O_3 、 Al_2O_3 のうち少なくとも 1 種類を $1 \sim 30$ 重量% 含み、さらに BaO を 35 重量% 以下含んだ珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの少なくとも 1 つであることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明による実施の形態を具体的に説明する。ただし、この実施の形態は、発明の趣旨をより良く理解させるため具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、発明内容を限定するものではない。

【0011】〔発熱体〕この実施の形態における発熱体

としては、例えば粒界に不純物の少ない微細で均一な組織を有する高導電性の炭化珪素焼結体が好適に使用できる。そして、この炭化珪素焼結体の外縁部から内部に向かって切り込みを設けることにより、温度変化による熱膨張、熱収縮の影響を吸収し、これにより熱応力に強くなるため、発熱体としての炭化珪素焼結体を薄く形成でき、熱容量を小さくできるようになる。さらに、略 S 字状にすることにより電流がその経路を流れ発熱体の均熱性が向上する。

10 【0012】この発熱体は、炭化珪素、特に焼結体密度が 2.5 g/cm^3 以上、室温 (25°C) における電気比抵抗が $0.1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ である炭化珪素焼結体により構成させる。焼結体密度が 2.5 g/cm^3 以上であれば炭化珪素粒子間の結合力が充分であり、高温での機械強度も高いことから、ボンディング時の荷重により発熱体が破損する虞がなく、高温時の塑性変形がなく、数 μm の表面精度が容易に得られる。なお、炭化珪素の理論密度は 3.21 g/cm^3 である。

20 【0013】また、このような電気比抵抗であれば、金属ヒータの場合のような大電流が流れないので、リード線に電磁誘導からくる応力が働いてヒータヘッドの位置が狂う虞もなくなる。これに対して、室温での電気比抵抗が $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 未満であると、急速昇温するために大電力を投入することが必要となり、大電流が流れてリード線に電磁誘導からくる応力が働きヒータヘッドの位置が狂う虞がある他、大電流が発熱体に集中してヒータが破損し、また所定の抵抗値とするためには発熱体を薄肉化しなければならず、ボンディング時の圧力 (通常 50 kg/cm^2 程度) により破損する虞がある。一方、室温での電気比抵抗が $100 \Omega \cdot \text{cm}$ を超えると大電圧を投入しなければならず、特別の電源が必要となる。

30 【0014】また、発熱体を形成する炭化珪素焼結体は室温での熱伝導率が $100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上であることが好ましい。上述したように発熱体を形成する炭化珪素焼結体の焼結密度は 2.5 g/cm^3 以上と緻密質であり、しかも後述するように焼結助剤無添加で焼結できるので、粒界に存在する不純物が少なく、微細で均一な組織が得られ、よって $100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上の高い熱伝導率が得られる。従って、この炭化珪素焼結体から成る発熱体を備えると、均熱性に優れたものとなり、ボンディング部分の接続不良がなく製品歩留まりが高くなり、更に冷却に要する時間が短く 1 回のボンディング処理時間が短縮されコストパフォーマンスが高くなる他、急速昇温時又は急速降温時においても熱衝撃で破損する虞がない。

40 【0015】この発熱体の形状は、図 1 に示すように、炭化珪素焼結体を外形が 22 mm の四角形で厚みが 1 mm の薄板に加工し、四隅の対向する 2 つの角部を電極取付可能に形成するとともに各電極取付位置の間には各種用途の貫通孔を略均等に穿設し、加熱状態を均一化するように形成する。この発熱体 1 は、外形が略四角形で略

S字状薄板に形成され、この薄板材の互いに対向する二辺から各辺の長さの $1/3$ の長さの位置で、反対側の辺に向けて切り込んだ2つのスリット2, 3により均等幅の略S字状板材に形成する。

【0016】この略S字状板材には、各先端部に穿設した電極取付用の貫通孔4, 5と、中央部に穿設したチップ吸着用の気体通路を形成する貫通孔6と、各先端部に対向する角部の外縁寄りの位置にそれぞれ穿設した伝熱板吸着用の気体通路を形成する貫通孔7, 8と、チップ吸着側の面に刻設して貫通孔7, 8にそれぞれ連通するとともに外縁に沿って略し字状に延設した伝熱板吸着用の気体通路を形成する溝9, 10と、前記電極取付用の貫通孔4, 5と前記伝熱板吸着用の貫通孔7, 8との中間位置に穿設して不活性ガス雰囲気で加熱する場合に供給する窒素ガス等の各種ガスの通路を形成する貫通孔11, 12とを少なくとも設ける。これらの貫通孔の孔径はそれぞれの用途に応じて適宜選択して穿設すれば良い。この他に、外縁に沿って形成された溝9, 10と中央部に穿設された貫通孔6との間の溝9, 10側に寄った位置に、ヒータ本体側への取付用ねじを挿通するための貫通孔13, 14を穿設する。そして、電極取付用の貫通孔4, 5およびヒータ本体側への取付用として穿設された貫通孔13, 14のチップ吸着側の面には、皿頭が埋没する深さの皿ざぐりを施して、伝熱板吸着時に発熱体取付用の皿小ねじ（図示せず）の皿形のねじ頭が邪魔にならないようにする。

【0017】〔発熱体の製造方法〕焼結体密度 2.5 g/cm^3 以上で電気比抵抗 $0.1\sim 100\ \Omega\cdot\text{cm}$ である炭化珪素焼結体は、平均粒径 $0.1\sim 10\ \mu\text{m}$ の第1の炭化珪素粉末と $0.1\ \mu\text{m}$ 以下の第2の炭化珪素粉末とを混合し、これを焼結する方法により得られる。この方法によれば、 $0.1\sim 100\ \Omega\cdot\text{cm}$ の範囲の電気比抵抗を示す炭化珪素を得ることが容易である。このような炭化珪素焼結体の製造方法は、特開平4-65361号公報に開示されているが、この実施の形態においては電気比抵抗が $0.1\sim 100\ \Omega\cdot\text{cm}$ と大きいものを用いることが望ましい。

【0018】前記特性を有する炭化珪素焼結体を製造するために、平均粒径が $0.1\sim 10\ \mu\text{m}$ の第1の炭化珪素粉末と、平均粒径が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下の第2の炭化珪素微粉末とを用意する。第1の炭化珪素粉末としては、一般に使用されているものでよく、例えばシリカ還元法、アチソン法等の方法によって製造されたものが用いられ、その結晶相としては非晶質、 α 型、 β 型のいずれであってもよいが、電気比抵抗値を $0.1\sim 100\ \Omega\cdot\text{cm}$ に調整する容易さからは α 型のものが好適である。第2の炭化珪素粉末としては、非酸化性雰囲気中のプラズマ中にシラン化合物またはハロゲン化珪素と炭化水素とからなる原料ガスを導入し、反応系の圧力を1気圧未満から 0.1 torr の範囲で制御しつつ気相反応させることによって得

られたものを使用する。結晶相としては非晶質、 α 型、 β 型のいずれであってもよい。このようにして得られた第2の炭化珪素粉末は焼結性が非常に優れているために、上記第1の炭化珪素粉末と混合するのみで、焼結助剤を添加することなく高純度かつ緻密質の炭化珪素焼結体を得ることができるようになる。

【0019】次に、上記第1の炭化珪素粉末と第2の炭化珪素粉末とを混合して混合物とする。混合比率は所定の電気比抵抗値（ $0.1\sim 100\ \Omega\cdot\text{cm}$ ）となるよう予め予備実験で求めておく。その後、上記混合物を所望の形状に成形し、得られた成形体を $1800\sim 2400\ ^\circ\text{C}$ の温度で焼結して焼結体を得て、これを発熱体とする。焼結方法、焼結時の雰囲気はいずれも制限されない。

【0020】〔SiCヒータ〕この発熱体1を取り付けたSiCヒータ100は、第2～5図に示すように、発熱体1のチップ吸着側の面（溝刻設側の面）を先端（下端）に向け、貫通孔13, 14にそれぞれ挿通する皿小ねじ15, 15を用いて発熱体1を固着した、断熱性が高く耐熱衝撃性に優れた絶縁体セラミックス製のヒータベース21と、ヒータベース21を介して発熱体1を螺着する金属製の冷却系接続部材22とからなり、複数のボルト23, 23によりヒータベース21と冷却系接続部材22とを固定し、発熱体1の電極接続部（2ヶ所、図示せず）は、貫通孔4, 5にそれぞれ挿通したボルト16, 16とナット（図示せず）によりリード線24, 24の端部に設けられた電極（図示せず）を接続し、冷却系接続部材22にはヒータベース21を装着する面と反対側の面には、フリップチップボンダ等のボンディング装置側に形成されたヒータ取付部（図示せず）に取付可能な平面を形成するとともに、ガス吸引と冷却ガス供給とを行うための接続部を中心線上まで延設するための溝26, 27を刻設し、冷却系接続部材22の四隅に貫通孔28, …, 28を穿設してヒータ取付部にねじ止めできるようにする。ヒータベース21の発熱体1と接する側の面には、断熱が必要な部分以外は発熱体1と接触しないようにザグリして、そのザグリ部21aが形成する隙間を冷却気体の通路として利用する。

【0021】そして、この冷却系接続部材22にヒータベース21を固着し、そのヒータベース21に発熱体1を固着したSiCヒータ100では、図6～8に示すように、チップ吸着用の貫通孔6と同心的にヒータベース21および冷却系接続部材22を貫通した（チップ吸着用）貫通孔31を穿設し、貫通孔11, 12と同心的にヒータベース21および冷却系接続部材22を貫通して不活性ガス雰囲気で加熱する場合に供給する窒素ガス等の各種ガスの通路を形成する（各種ガス供給用）貫通孔32, 33を穿設し、溝9, 10に連通した貫通孔7, 8と同心的にヒータベース21および冷却系接続部材22を貫通した伝熱板吸着用の気体通路を形成する（溝側の伝熱板吸着用）貫通孔35, 36を穿設し、さらに、

発熱体1を急速に冷却する冷却気体をザグリ部21aに供給する給気路を形成する(冷却気体供給用)貫通孔37, 38をヒータベース21および冷却系接続部材22を貫通して穿設する。

【0022】これにより、貫通孔37, 38より供給された冷却気体は、冷却孔としての貫通孔37, 38からヒータベース21に形成されたザグリ部21aを通り、発熱体1の裏面に接触して冷却した後、ヒータベース21の横面より外部へ抜けていく。また、貫通孔37, 38より供給された冷却気体は、ザグリ部21aを介してスリット2, 3を通り、発熱体1を冷却したのち発熱体1の横面から抜けていく。このようにヒータベース21の発熱体1側に、ザグリ部21aを形成して発熱体1とヒータベース21の間に隙間を設けるとともに発熱体1にスリット2, 3を形成したことにより、冷却気体で冷却を行なうにあたって、ザグリ部21aによって発熱体1とヒータベース21との間隙が冷却気体と接する面積を大きくして冷却効率を上げ、しかも、発熱体1のスリット2, 3がザグリ部21aと連通していることにより、スリット2, 3にも冷却気体が通過して冷却速度を高めることができ、急速冷却が可能となる。

【0023】また、スリット2, 3が発熱体1に形成されていることにより、昇温、降温を繰り返した時の熱による膨張、収縮を吸収することができ、熱応力に強くなるため、発熱体1の厚みを薄くすることができ、これにより発熱体1の熱容量が小さくなるため、冷却速度を増すことができ、従来よりも急速な冷却を行なうことができる。さらに、発熱体1が電極を略S字状板材の両端部にそれぞれ設けたことにより、スリット2, 3があるため電流が発熱体1の略S字形状に沿って電極間を流れるため、発熱体1の全体が均一に発熱するとともに、発熱体1自身が熱衝撃により破損する虞がなくなり、さらにボンディング部分に接続不良が起こりにくく、半導体チップの歩留まりおよび信頼性を向上することができる。

【0024】この実施の形態のSiCヒータでは、断熱性と電気絶縁性とを有するヒータベース21により発熱体1を保持する。このヒータベース21はセラミックスから構成されることが望ましい。セラミックスとして、窒化珪素(Si₃N₄)、カルシウムシリケート(CaO・SiO₂)、サイアロン等を例示することができる。ヒータベース21を発熱体1の片面側に設ければ、発熱体1の昇温時における熱逃げが少なく、小さな投入電力での急速昇温が可能となり、またヒータベース21を取り付けた冷却系接続部材22への熱逃げも少なくなるために、冷却系接続部材22の熱膨張によるヒータの位置ずれも少ない。また、発熱体1が機械的に補強され、ボンディング時の荷重により破損することがない。

【0025】また、電極は形成されるスリットに応じて、スリットで区切られる面を電流が全範囲にわたって流れる位置に作成することが好ましい。例えば、図3に

示すように、電極をヒータベース21に穿設される電極取付孔29, 29の位置に設けると、電流はスリット2, 3で区切られた面に沿って略S字状に流れるため、発熱体1の全体が均一に発熱する。

【0026】さらに、発熱体1として導電性のSiC発熱体を使用しているため、導通部の発熱体がむき出しになっており、SiC発熱体がヒータベース21に接する面と反対の面および側面に絶縁性の膜を被覆することが、安全上好ましい。ただし、この実施の形態のSiCヒータの場合、急速昇降温を何度も繰り返すため、温度の急激な変化のもとらす熱履歴により剥離することがなく、ボンディング時、半導体チップをボンディング材に押し付けるため、この際の塑性変形や摩耗がなく、かつ高温においても絶縁性の高い被膜でなければならない。また、被膜でなく絶縁用のカバーをかぶせようとする、ヒータとしての熱容量が大きくなり、冷却速度が遅くなってしまう。このため、前記条件を満足する絶縁皮膜が必要となる。

【0027】そこで、この実施の形態においては、常温での電気比抵抗が10⁹Ω・cm以上で熱膨張率が2~6×10⁻⁶/Kの硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの少なくとも1つからなる絶縁膜を形成する。また、前記硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスとしては、SiO₂をマトリックスとし、B₂O₃またはAl₂O₃を少なくとも1種類、1~30重量%含有し、さらにBaOを35重量%以下含むものがよい。B₂O₃またはAl₂O₃の少なくとも1種類が1重量%未満では耐熱衝撃性と耐摩耗性の向上がみられず、30重量%を超えると、もろくなってしまうためである。また、BaOは前記硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの熱膨張率をSiCに合わせるために含有させるもので、硼珪酸ガラス、アルミノ珪酸ガラスの耐熱衝撃性、耐摩耗性を損なわないで熱膨張率を上げることができる。BaOの含有率が35wt%を超えると、熱膨張率が6×10⁻⁶/Kより大きくなってしまい好ましくない。

【0028】〔半導体チップのボンディング方法〕このようなSiCヒータ100は、例えば図9に示すようなフリップチップボンダ200の可動台210の下端部に取り付けて半導体実装ボードの製造のために使用される。SiCヒータ100を取り付けたフリップチップボンダ200では、図6~8に示すように、伝熱板吸着用の各貫通孔7, 8から空気を吸引して発熱体1の表面に伝熱板30を吸着し、それから、図9に示す複数の半導体チップ40が置かれているトレイ220を載置したオートローダ230の位置まで、可動台210を移動し、貫通孔6から空気を吸引してトレイ220から1つの半導体チップ40を吸着し、次に、可動台210を基板50が用意されている位置まで移動して、図6~8に示す基板50上に予め載置された導電性ボンディング材60の上に半導体チップ40を載せ、可動台210により下

方に加圧力を加えつつ、SiCヒータ100に通電して発熱体1を発熱させ、伝熱板30を介して半導体チップ40、導電性ボンディング材60、基板50を略均等に昇温することにより、導電性ボンディング材60を数秒で溶融し、溶融した導電性ボンディング材60により基板50と半導体チップ40とを接合する。この接合時には、不活性ガス雰囲気中でボンディングを行う場合には、予め伝熱板30を、貫通孔32、33に対応した位置に貫通孔（図示せず）を穿設した不活性ガス雰囲気ボンディング用の伝熱板（図示せず）に交換しておき、貫通孔32、33から供給された不活性ガスを伝熱板を介して導電性ボンディング材の配設側に吹き出しながら接合する。この接合方法では、発熱体1からの熱により半導体チップ40、導電性ボンディング材60、基板50を加熱加圧して導電性ボンディング材60を数秒で溶融する、急速加熱のため、半導体チップ40と基板50の過熱を防止できる。

【0029】そして、導電性ボンディング材60が溶解して基板50と半導体チップ40とが接合された後、すみやかに圧縮空気を冷却系接続部材22およびヒータベース21に穿設された貫通孔37、38を介してザグリ部21aに供給し、発熱体1の背面（伝熱板吸着面とは反対側の面）側からスリット2、3を介してSiCヒータ100の外部に流出させながら発熱体1を急速に冷却し、導電性ボンディング材60が冷却されて固化してから、半導体チップ40の吸着を解除し、可動台210を上方に移動する。この圧縮空気等の高圧の圧縮ガスを供給する冷却は、発熱体1を数秒で急速冷却するから、半導体チップ40、基板50は過熱から保護されるとともに1サイクルのボンディング処理時間を短縮できる。そしてまた、オートローダ230の位置まで可動台210を移動して新たに半導体チップ40を吸着し、次の基板50に対するフリップチップボンディングを行う。

【0030】この半導体チップ実装ボードの製造に使用される伝熱板30は、発熱体1の熱を半導体チップ40、導電性ボンディング材60、基板50に対して均一に伝熱するために用いられるものであるから、伝熱性、耐熱性、熱衝撃性に優れていることが必要であり、例えば、窒化アルミニウム（AlN）等のセラミック製であることが好ましい。導電性ボンディング材60としては、ハンダバンプ、金バンプ等が挙げられる。このようなボンディング材は加熱によって溶融し、冷却によって固化する性質を持っている。発熱体1は、急速昇降温させるため、熱容量の小さいものが好ましい。従って、発熱体1としての機械的強度を維持しながら熱容量を小さくするためには、発熱体1のヒータ面の厚みが約0.5～1.5mmであることが好ましく、0.8～1.2mmであることがより好ましい。

【0031】

【実施例】以下、実施例について詳述する。

【実施例1】SiCヒータの発熱体を次のようにして製造した。四塩化珪素とエチレンとを原料ガスとし、プラズマCVD法により、平均粒径0.01 μ m、BET比表面積96 m^2/g の非晶質炭化珪素超微粉末を得た。この炭化珪素超微粉末5重量%と市販の α 型炭化珪素粉末（平均粒径0.7 μ m、BET比表面積13 m^2/g ）95重量%とを、メタノール中に分散させ、さらにボールミルで12時間混合した。次いで、この混合物を乾燥し、成形、ホットプレス焼結した。焼結条件は、アルゴン雰囲気下で、焼結温度2200 $^{\circ}\text{C}$ 、プレス圧39.23MPa（400 kgf/cm^2 ）で、90分間であった。焼結体の密度は $3.1\times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ 、室温での電気比抵抗は、0.3 $\Omega\cdot\text{cm}$ （4端子法）、室温での熱伝導率が230W/mK（レーザーフラッシュ法）の焼結体を得た。

【0032】次に、前記炭化珪素焼結体を加工することにより、図1に示すような、直径2mmの半導体チップ吸着用の貫通孔6と、伝熱板吸着用の貫通孔7、8と、外縁部から内部にのびた幅1mmのスリット2、3とを有し、炭化珪素焼結体からなる発熱体1を得た。さらに、この発熱体1は、ヒータベース21にねじ止めするための貫通孔13、14と電極取付用の貫通孔4、5とが形成されている。なお、半導体チップ吸着用の貫通孔6、伝熱板吸着用の貫通孔7、8および伝熱板分離用の貫通孔11、12は、ヒータベース21に穿設されている貫通孔31、32、33、35、36とそれぞれ同軸的に穿設される。発熱体1のヒータ面の大きさは22 \times 22mmであり、その厚みtは1.0mmであった。

【0033】図6～8に示すように、前記発熱体1の上面に、ヒータベース21として断熱性が高く、耐熱衝撃に優れた窒化珪素焼結体を重ねた。なお、ヒータベース21は発熱体1を冷却するための貫通孔37、38を備えたものである。そして、締結用の貫通孔13、14にM1.4のボルトを挿通して、ヒータベース21と発熱体1とをねじ止めした。また、電極取付孔29にM1.4の皿小ねじを挿通し、そのねじの先端付近にリード線の端部をナットにより固定することによって電極を形成し、その結果として、SiCヒータが得られた。

【0034】このSiCヒータの性能を、急速昇温試験、ヒータ面の均熱性試験、急速冷却試験により試験した。これらの試験は、1 ϕ 、AC100V、50Hz（位相制御型）の電源に、SiCヒータを接続し、ヒータ面に取り付けたK熱電対で測定した温度で制御して行った。

【0035】（急速昇温試験）実施例のSiCヒータにつき8.3A、52.0Vを印加したところ2秒間で50 $^{\circ}\text{C}$ から450 $^{\circ}\text{C}$ まで昇温できることが確認された。

【0036】（急速降温試験）実施例のSiCヒータにつき2秒間で50 $^{\circ}\text{C}$ から450 $^{\circ}\text{C}$ まで昇温し（200 $^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ）、450 $^{\circ}\text{C}$ で10秒間保持した後、SiCヒータ内部からのみ冷却空気を圧力0.49MPa（5 kgf/cm^2 ）

²) で吹き付けた場合の 450℃ から 100℃ までの冷却時間を測定した。また、比較のために炭化珪素を発熱体として使用した従来の SiC ヒータ (比較例 1)、窒化アルミニウムの裏面にメタライズされた白金パラジウムを発熱体として使用した従来の SiC ヒータ (比較例 2) およびステンレス鋼を発熱体として使用した従来の SiC ヒータ (比較例 3) についても同様の試験をおこなった。その結果を表 1 に示す。

【0037】 (ヒータ面の均熱性試験) 常温から 450℃ までヒータ面を昇温させ、450℃ に 10 秒間保持した時のヒータ面における 8 点での温度分布をサーモビュアにより測定した。また、比較のため、炭化珪素を発熱体として使用した従来の SiC ヒータ (比較例 1)、窒化アルミニウムの裏面にメタライズされた白金パラジウムを発熱体として使用した従来の SiC ヒータ (比較例 2) およびステンレス鋼を発熱体として使用した従来の SiC ヒータ (比較例 3) の温度分布を同様に測定した。ヒータ面の 8 点の温度測定位置 (a) ~ (h) を図 10 に示し、その測定温度の最高値と最低値との差の 1/2 を均熱性として表 1 に示す。

【0038】 [実施例 2] 実施例 1 において得られた加工後の炭化珪素焼結体を発熱体として、ヒータに組み込む前に表面に絶縁処理を施した。具体的には、加工した炭化珪素焼結体の表面をアセトンで超音波洗浄した後自然乾燥させ、その後、酸化炉に温度 1000℃ で 70 時間熱処理して十分な酸化膜を生成させる。次に、絶縁用のガラスとして、SiO₂ : 49 重量%、Al₂O₃ : 10 重量%、BaO : 25 重量%、B₂O₃ : 15 重量%の硼珪酸ガラス粉末とスクリーンオイルを 3 : 2 の割合でメノウ乳鉢に入れてよく混合し、スラリーを作成する。

【0039】 次に、炭化珪素焼結体のヒータベースと接する面と反対の面および側面にスラリー状のガラスを均一に約 200 μm の厚みで塗布し、乾燥器にて温度 100℃ で 1 時間乾燥させた後、酸化炉にて、温度 950℃ で 20 分間加熱してガラスを炭化珪素焼結体に溶着させた。最後に、ガラス表面を研削して発熱体の平行度を 3 μm 以下に仕上げた。こうして得られた表面に絶縁性の被膜を有した炭化珪素発熱体を用いて、実施例 1 と同様に SiC ヒータを組み立てた。このようにして得られた SiC ヒータを用いて実施例 1 と同様に、急速降溫試験とヒータ面の均熱性試験を行なったところ、実施例 1 と同様の結果が得られた。さらに、ヒータの伝熱板と接する面をアースに接地したリード線の端子部を接触させながら、SiC ヒータを昇降溫させてアースに接地したリード線への漏れ電流を測定したところ、1 μA 以下となり、絶縁耐圧性に問題がないことが確認された。

【0040】

【表 1】

	均熱性 (℃)	冷却時間 (sec) (450→100℃)
実施例 1	± 4.6	4.6
比較例 1	± 7.4	9.0
比較例 2	± 27	24
比較例 3	± 49	78

【0041】 表 1 に示すように、実施例の SiC ヒータは、450℃ から 100℃ への降溫時間が内部冷却のみで 4.6 秒と従来品の 9.0 秒に対して約 50 % に短縮された。また、均熱性も従来の ±7.4℃ から ±4.6℃ へと向上している。

【0042】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明の請求項 1 に係る SiC ヒータでは、発熱体は炭化珪素より成るとともにその外縁部から内部に向かって伸びた表裏に貫通したスリットを有しているため、熱伝導率が非常に良く熱応答性が早く、短時間に熱的平衡に達するという炭化珪素としての優れた特性に加え、スリット部が熱による膨張、収縮を吸収するため、ヒータ断線の虞がなく、十分な表面精度を有し、正確な位置で接合でき、熱応力に強く、従来の炭化珪素発熱体よりも薄くでき、そのため、発熱体の熱容量が小さくなり、特に急速降溫が可能となる。また、発熱体に形成されたスリットの効果により、従来品に比べて優れた均熱性が得られる。このため、ボンディングによる接続不良が大幅に低減され、結果的にコストパフォーマンスに非常に優れる。また、容易に急速昇降溫が可能なので、半導体チップを基板にボンディングさせるためのヒータとして好適である。また、請求項 2 に係る SiC ヒータでは、形成された形状に従って略 S 字状に電流が流れて発熱状態を均等にし、均熱性を向上することができる。また、請求項 3 に係る SiC ヒータでは、冷却気体をザグリ形成部分に供給することによって冷却面積を広くして冷却効率を高め、冷却気体を発熱体のスリットを介して外部に流出させることによって冷却速度を速くすることができる。

【0043】 また、請求項 4 に係る SiC ヒータでは、炭化珪素粒子間の結合力が充分であり、高温で機械強度が高く、ボンディング時の荷重により発熱体が破損する恐れがなくなるとともに、大電流を流す必要がなく、ヒータヘッドの位置狂いが防止でき、また、大電圧も必要がなく電源を特別に設けることも必要なく、電力消費量が削減できる。また、請求項 5 に係る SiC ヒータで

は、 $0.1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ の範囲の電気比抵抗を示す炭化珪素を得ることができる。また、請求項6に係るSiCヒータでは、絶縁被膜を構成することができ、急速昇降温を繰り返しても剥離、塑性変形または摩耗をなくすることができ、冷却速度を遅くすることなく絶縁性を向上することができる。また、請求項7に係るSiCヒータでは、耐熱衝撃性および耐摩耗性を向上するとともに熱膨張率を炭化珪素の熱膨張率に合わせることができ、待機性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態におけるSiCヒータの発熱体を示す斜視図である。

【図2】本発明の実施の形態におけるSiCヒータを示す正面図である。

【図3】同上SiCヒータを示す下平面図である。

【図4】同上SiCヒータを示す上平面図である。

【図5】同上SiCヒータを示す側面図である。

【図6】同上SiCヒータを用いて半導体チップを接合する状態を示す正面断面図（図3で示すA-A矢視図）である。

【図7】同上SiCヒータを用いて半導体チップを接合する状態を示す側面断面図（図3で示すB-B矢視図）である。

【図8】同上SiCヒータを用いて半導体チップを接合する状態を示す斜め方向から見た側面断面図（図3で示すC-C矢視図）である。

【図9】同上SiCヒータを用いてフリップチップボンダによる製造状態を示す斜視図である。

【図10】本発明の実施例におけるヒータ面の温度測定位置を示す平面説明図である。

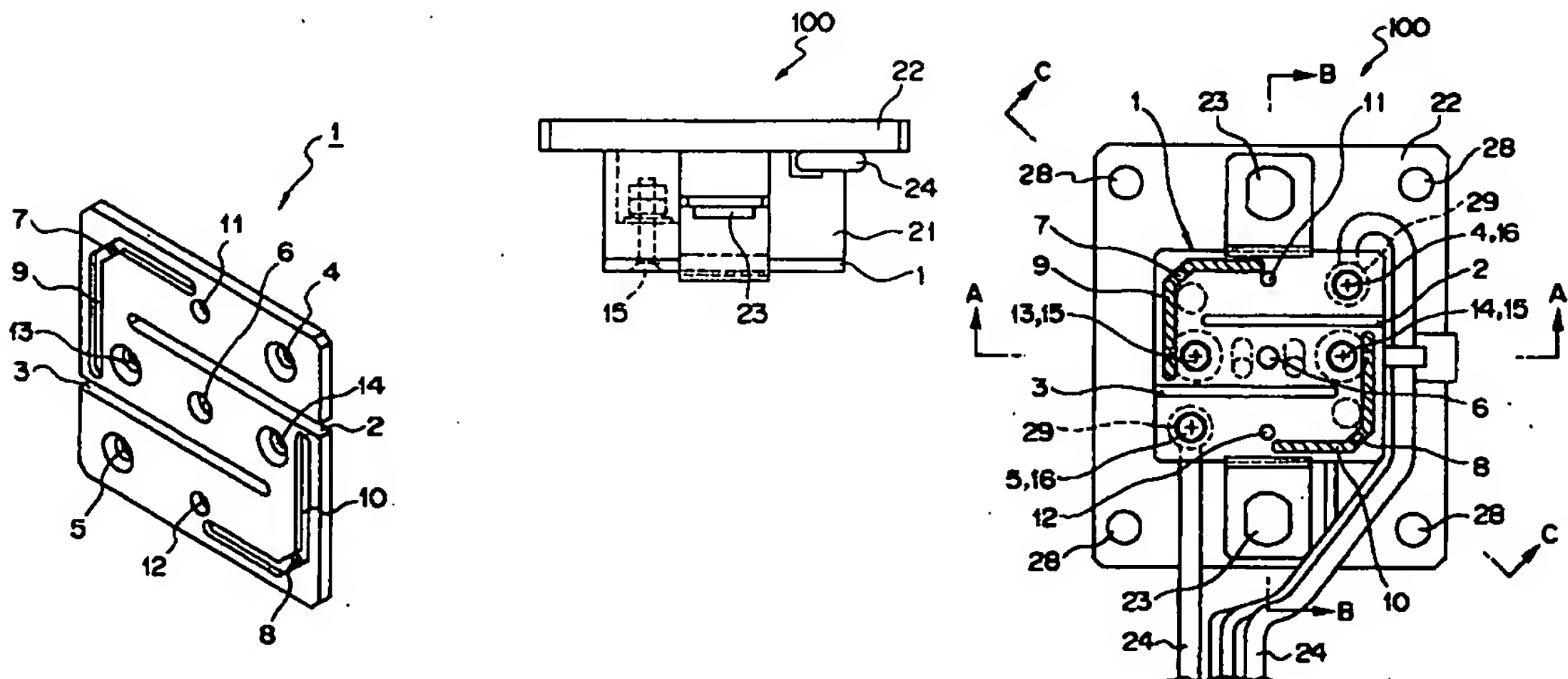
【符号の説明】

- | | |
|--------|-----------------|
| 1 | 発熱体 |
| 2, 3 | スリット |
| 4, 5 | (電極取付用) 貫通孔 |
| 6 | (チップ吸着用) 貫通孔 |
| 7, 8 | (伝熱板吸着用) 貫通孔 |
| 9, 10 | (伝熱板吸着用) 溝 |
| 11, 12 | (各種ガス供給用) 貫通孔 |
| 13, 14 | (取付ねじ挿通用) 貫通孔 |
| 15 | 皿小ねじ |
| 21 | ヒータベース |
| 22 | 冷却系接続部材 |
| 24 | リード線 |
| 26, 27 | 溝 |
| 28 | 貫通孔 |
| 29 | 電極取付孔 |
| 30 | 伝熱板 |
| 31 | (チップ吸着用) 貫通孔 |
| 32, 33 | (各種ガス供給用) 貫通孔 |
| 35, 36 | (溝側の伝熱板吸着用) 貫通孔 |
| 37, 38 | (冷却気体供給用) 貫通孔 |
| 40 | 半導体チップ |
| 50 | 基板 |
| 60 | 導電性ボンディング材 |
| 100 | SiCヒータ |

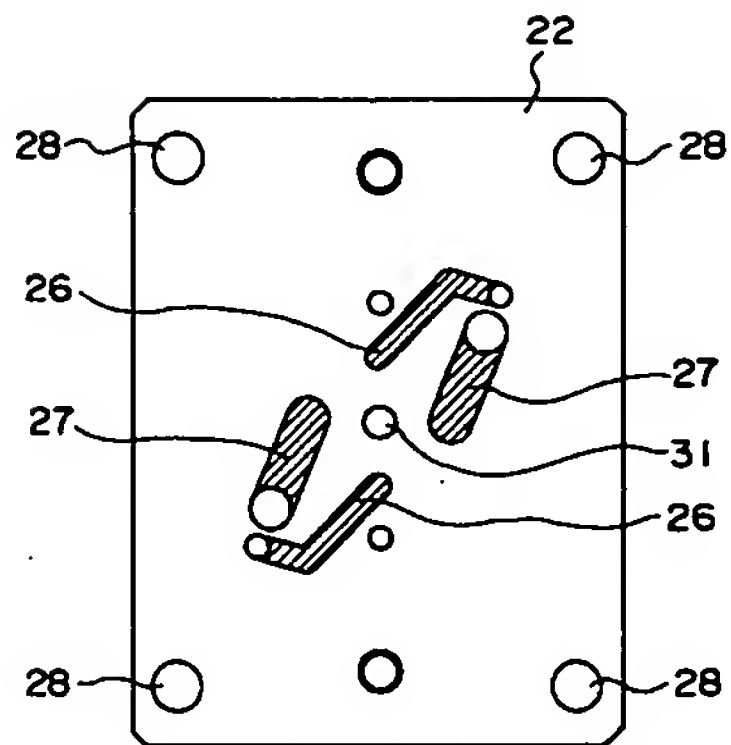
【図1】

【図2】

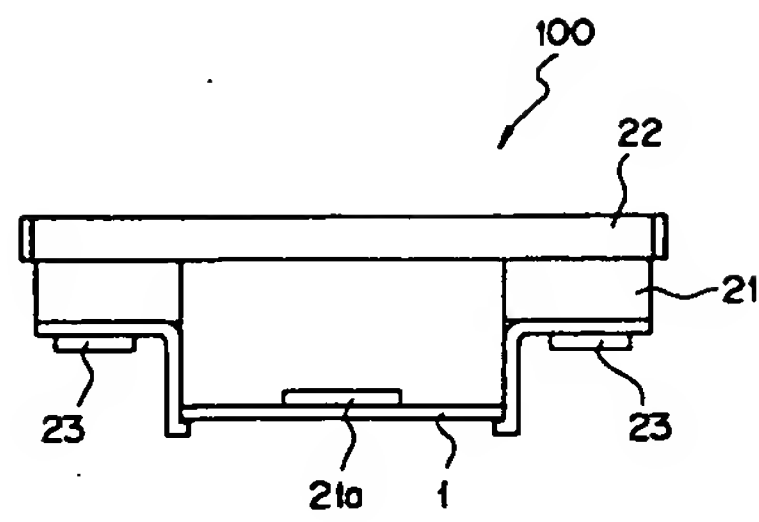
【図3】



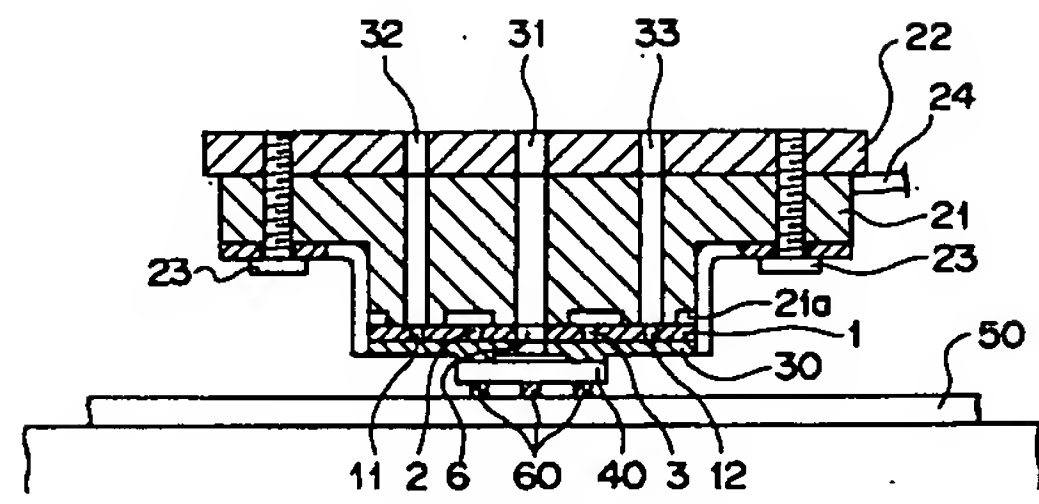
【図4】



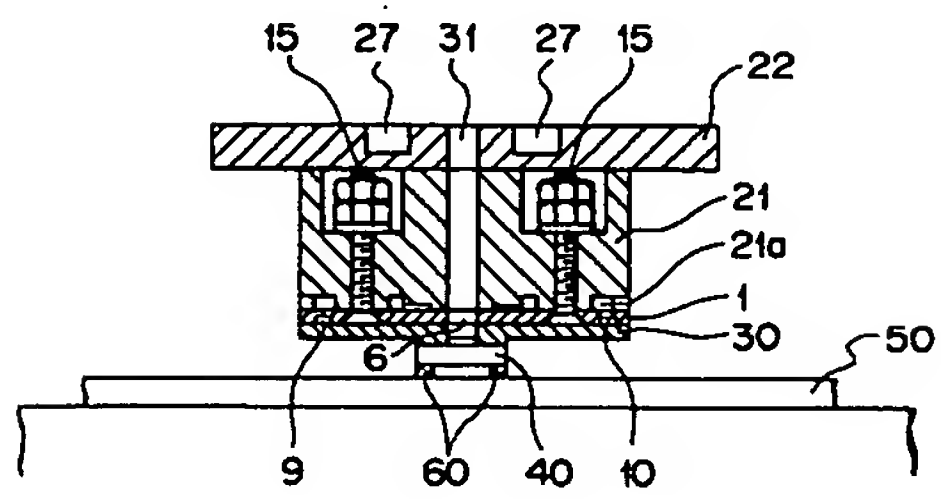
【図5】



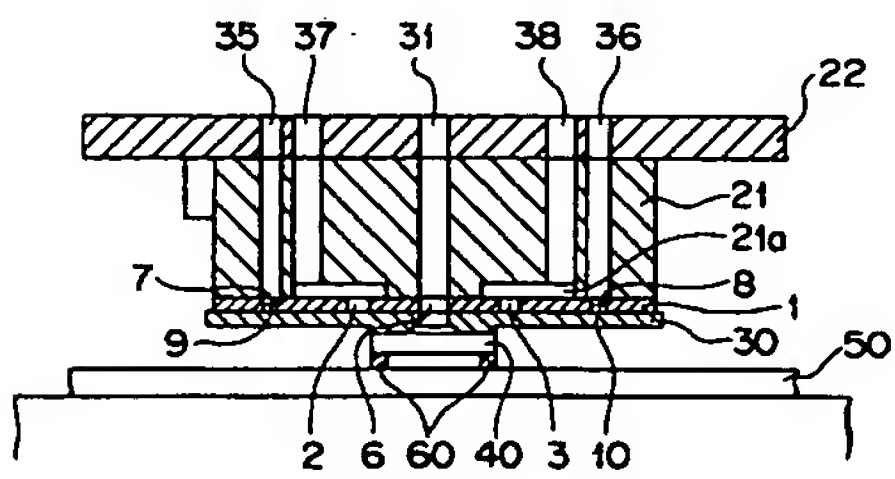
【図7】



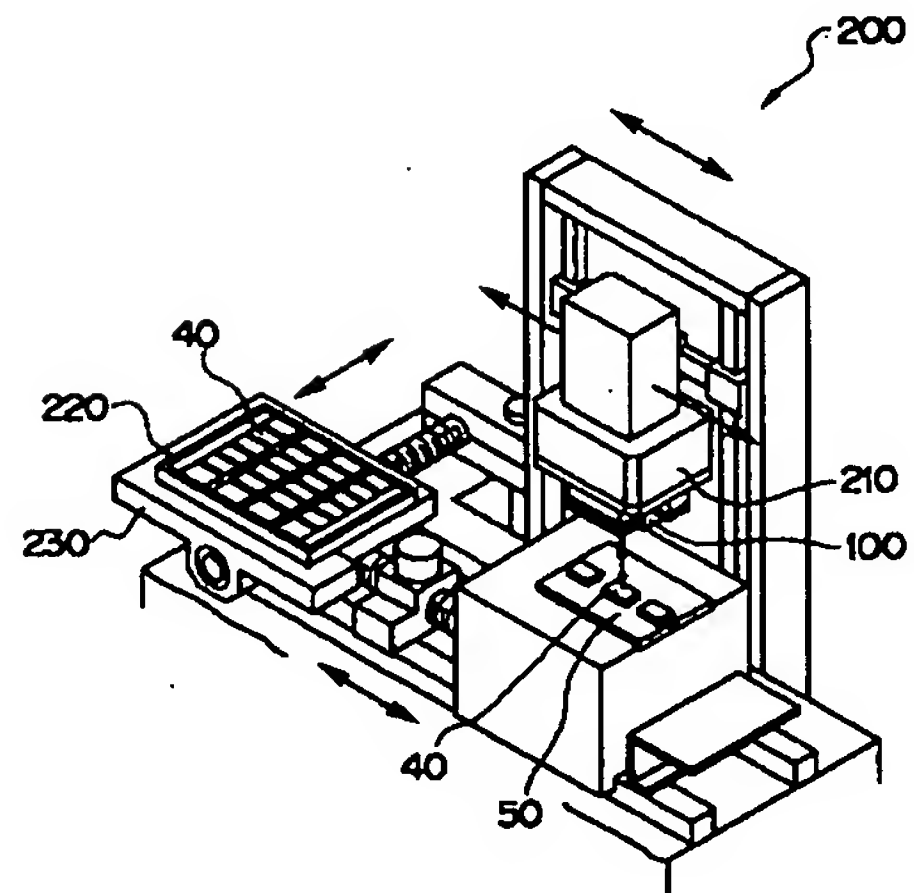
【図6】



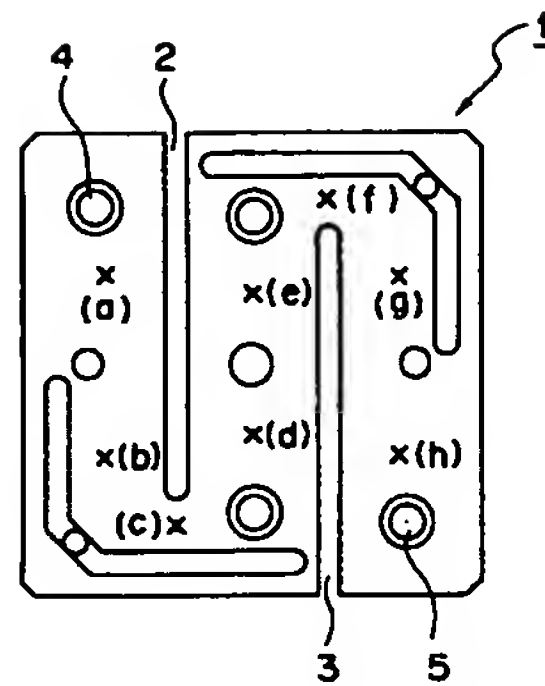
【図8】



【図9】



【図 1 0】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	タームコード (参考)
H 0 5 B 3/20	3 9 6	C 0 4 B 35/56	1 0 1 P

(72) 発明者 長妻 良枝
千葉県鎌ヶ谷市鎌ヶ谷 1 - 6 - 46 新工事
株式会社内

F ターム (参考) 3K034 AA04 AA16 AA29 BC29 CA32
EA07 HA01 HA10 JA02
3K092 QA05 QB09 QB32 QB37 QB40
QC16 QC25 QC59 RF03 RF11
VV06 VV15 VV22 VV28 VV34
4G001 BA22 BB22 BC13 BD22 BE33
5F044 LL01 PP19